

# **ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСПАДА ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА СТАЛИ 24ХМФР ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОХЛАЖДЕНИИ**

*Ануфриев Н.П., Битюков С.М., Лаев К.А.*

ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ»), Екатеринбургский филиал  
nicksanuf@mail.ru

В настоящий момент на заводах группы ОАО «ТМК» является актуальной разработка и внедрение в производство сталей, микролегированных бором. Известно, что добавление в сталь 0,001-0,005 % бора приводит к существенному увеличению прокаливаемости металла. За счет данного эффекта целесообразно понизить уровень легирования стали молибденом, хромом, марганцем и ванадием, что позволит в значительной степени уменьшить себестоимость выпускаемой трубной продукции.

Для осуществления научно-обоснованного выбора рациональных режимов термической обработки труб и муфтового проката из стали марки 24ХМФР необходимо иметь достоверную информацию о кинетике распада переохлажденного аустенита данной стали.

Методом простого термического анализа изучена кинетика распада переохлажденного аустенита стали 24ХМФР при непрерывном нагреве-охлаждении. Исследуемые образцы представляли собой прутки квадратным сечением 10×10 мм и длиной 15-20 мм, отрезанные от горячекатаной трубы. Для постановки эксперимента в тело образцов зачеканевались измерительные термодпары типа ХА. Образцы нагревали до температуры 880-900 °С, время выдержки при температуре аустенитизации составило 15 минут. Затем образцы из аустенитного состояния охлаждали с различной интенсивностью в разных средах (в воде, в масле, вентиляторным обдувом, на спокойном воздухе, в теплоизолированном поддоне и с печью).

С помощью модуля, состоящего из аналого-цифрового преобразователя марки I-7017F и конвертера марки I-7520, осуществлялась непрерывная запись температуры образцов на компьютер с частотой 0,5...5,0 Гц. Это позволило экспериментально построить кривые нагрева и охлаждения стали 24ХМФР в координатах «температура-время». Для более точного определения температурно-временных интервалов начала и конца фазовых и структурных превращений проводилось численное дифференцирование изменения температуры образца по времени охлаждения. В результате дифференцирования получали зависимости «мгновенной» скорости охлаждения образца ( $dt/d\tau$ ) от текущей температуры ( $t$ ). Температуру начала и конца превращений фиксировали

по резкому замедлению «мгновенной» скорости охлаждения ( $dt/d\tau$ ) вследствие проявления тепловых эффектов. Данная методика исследований и результаты экспериментов простого термического анализа подробно описаны в работах [1, 2].

Установлено, что при нагреве стали 24ХМФР со скоростью 0,7...1,2 °C/с точки  $A_{c1}$  и  $A_{c3}$  составили  $741\pm 5$  и  $788\pm 4$  °C соответственно. На рисунке 1,а приведена термограмма нагрева стали 24ХМФР, на которой наблюдается температурный интервал замедления охлаждения образца. Более достоверно температурная область образования аустенита определена по графикам зависимости « $dt/d\tau$ - $t$ » (рисунок 1,б).

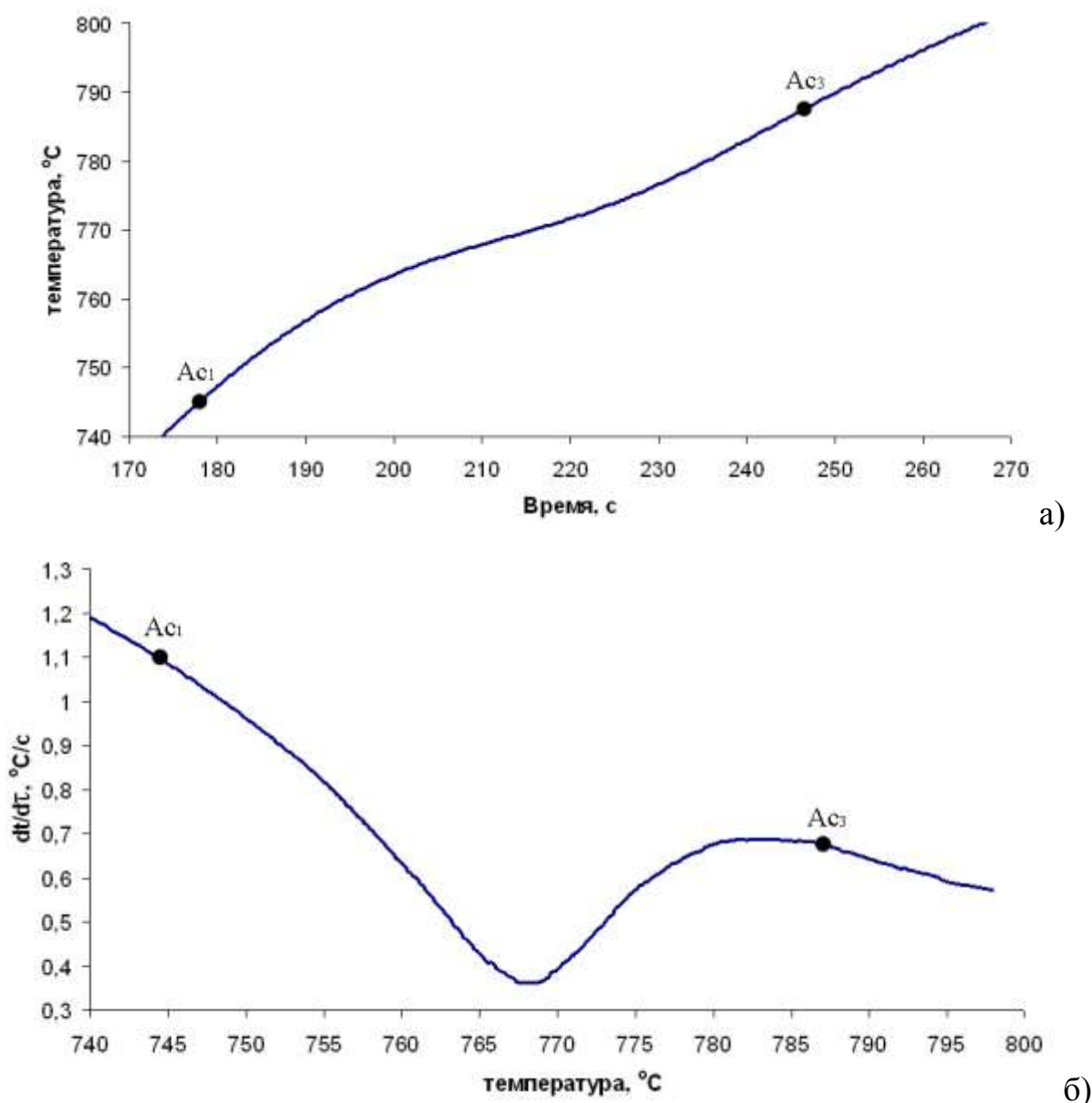


Рисунок 1 - Определение критических точек стали 24ХМФР при нагреве по экспериментальным кривым в координатах: а) « $t$ - $\tau$ »; б) « $dt/d\tau$ - $t$ »

Аналогичным образом зафиксированы температурные интервалы протекания перлитного, бейнитного и мартенситного превращений, а

также температура начала образования избыточного феррита при непрерывном охлаждении стали 24ХМФР. Полученные результаты обобщены на термокинетической диаграмме распада переохлажденного аустенита стали 24ХМФР (рисунок 2).

При охлаждении стали 24ХМФР со скоростью 30 и 7,5 °С/с мартенситное превращение протекает в температурных областях 390...310 и 395...305 °С соответственно. При охлаждении металла со скоростью 8,0...0,1 °С/с в температурной области 800...600 °С распад аустенита осуществляется по I ступени. Протекание бейнитного превращения зафиксировано при охлаждении стали в температурном интервале 550...400 °С со скоростью 3,5...1,5 °С/с.

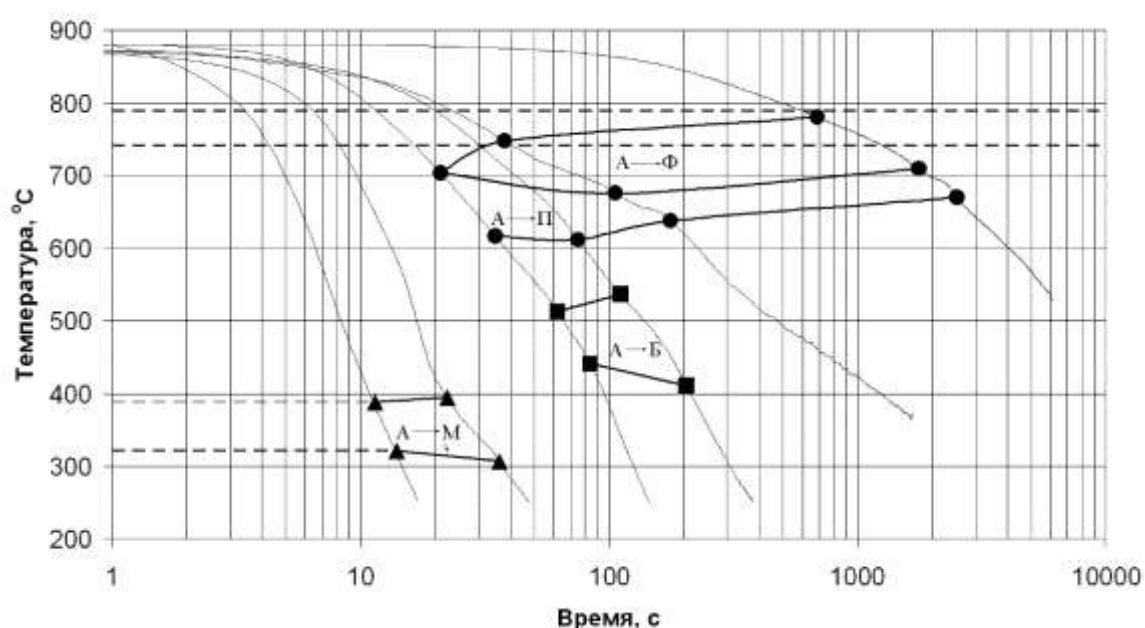


Рисунок 2 - Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 24ХМФР

#### Список использованных источников

1. Ануфриев Н.П., Галушин В.А., Майсурадзе М.В. Определение критических точек конструкционных сталей при нагреве-охлаждении методом термического анализа // Труды X Международной научно-технической уральской школы-семинара металловедов-молодых ученых. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 8-10.
2. Ануфриев Н.П., Майсурадзе М.В., Юдин Ю.В. Определение температурно-временных интервалов ферритного превращения при непрерывном охлаждении армкожелеза методом простого термического анализа // В сборнике тезисов докладов IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых «КоМУ-2011». Ижевск: ФТИ УрО РАН, ИжГТУ, 2011. С. 13-14.